

가상현실 기반 업무공간 융복합 분야 연구 동향 분석 : 패스파인더 네트워크와 병렬 최근접 이웃 클러스터링 방법론 활용*

하재빈** · 강주영***

〈 목 차 〉

I. 서론	3.3 분석방법
II. 이론적 배경	IV. 연구결과
2.1 가상현실 기반 업무공간	4.1 시기별 연구 키워드 변화 분석
2.2 가상현실과 업무공간 융복합 연구	4.2 패스파인더 네트워크 분석 결과
2.3 패스파인더 네트워크	4.3 병렬 최근접 이웃 클러스터링 결과
2.4 최근접이웃중심성	4.4 중심성 분석 결과
2.5 삼각매개중심성	V. 연구결과 및 향후 연구과제
III. 연구방법	참고문헌
3.1 연구문제	<Abstract>
3.2 분석대상	

I. 서론

2020년 COVID-19 팬데믹 상황 이후 많은 기업의 근무 형태가 변화하기 시작하였다. 많은 기업체에서 개인 간의 접촉을 최소화하기 위해 비대면 업무를 권장하고 있으며, 스마트기기를 활용한 비대면 원격근무를 시행하고 있다(이지현 외, 2021). 또한, COVID-19 팬데믹 상황은

전 세계의 모든 주요 기업의 가상 업무공간으로의 전환에 계기가 되었다(Mishra and Jena, 2020). 이렇듯 가상 업무공간과 재택근무의 성장이 가속화됨에 따라 기업은 빠르게 변화하는 조직 구조에 대처해야 하는 새로운 도전에 직면해 있다(Igbaria, 1998). 실제로 기업들은 가상현실을 기반으로 한 가상공간에서 현실과 같은 협업 기능을 통해 비용 효율화와 글로벌 위

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음.(IITP-2022-2018-0-01424)

** 아주대학교 비즈니스애널리틱스학과, jbeyond06@ajou.ac.kr(주저자)

*** 아주대학교 e-비즈니스학과, jykang@ajou.ac.kr(교신저자)

크플레이스를 구성하는 것에 많은 관심을 가지고 있으며(Srivastava and Chandra, 2018), 가상 현실을 기반으로 가상 환경은 최근 많은 근로자들이 정기적으로 협업하는 체계화된 시스템으로 발전해왔다(Boughzala et al., 2012).

실제로 코로나19 팬데믹 등의 영향으로 플랫폼을 사용하는 기업이 늘어나고 있으며, 기존 데스크톱을 통해 사용할 수 있는 2D 기반의 게더(Gather)와 오비스(oVice)의 경우 가상오피스를 구현한 플랫폼이다. 또한, 해외의 경우 부동산 기업인 eXp리얼티도 모든 직원이 가상 환경 업무 플랫폼인 eXp월드(eXpWorld)에서 근무 중이며, 국내 부동산 앱 서비스 플랫폼을 운영하는 직방의 경우 2021년 2월부터 3D 플랫폼인 메타폴리스(Metapolice)를 통해 모든 직원이 온라인 출근을 하고 있다(이승환, 2022). <그림 1>은 직방에서 운영하고 있는 메타폴리스에서 일하는 모습이다.



<그림 1> 직방의 메타폴리스(김상준, 2021)

기존 데스크톱을 활용한 가상 업무공간 이외에도, 오쿨러스(Oculus)와 같은 HMD(Head mounted display)를 통한 가상 업무공간의 도입도 활발해지고 있다. 페이스북 서비스를 운영하고 있는 메타(Meta)에서는 HMD를 통해 접속

할 수 있는 가상 업무공간인 호라이즌 워크룸(Horizon workroom)을 공개하며 가상현실 속 업무공간을 3D로 구현하였다(이승환, 2022). <그림 2>은 메타에서 운영하고 있는 호라이즌 워크룸에서 일하는 모습이다.



<그림 2> 메타의 호라이즌 워크룸(이승환, 2022)



<그림 3> 스페이셜이 구성한 가상현실 기반 업무공간(남시현, 2021)

또한 미국의 스타트업이자 가상현실 업무공간 서비스인 스페이셜(Spatial)은 재택근무에 필요한 의사소통이나 작업 공유 기능과 함께

다양한 업무 도구들을 제공하고 있으며, VR 장비가 없더라도 Web, Android, iOS 등을 통해 자유롭게 가상현실 업무공간을 이용할 수 있도록 서비스를 제공하고 있다(남시현, 2021). <그림 3>은 스페이셜에서 운영하고 있는 스페이셜 플랫폼에서 워크샵을 하는 모습이다.

이렇듯, 많은 기업은 실제로 다양한 기기와 플랫폼을 통해 가상현실 속 업무공간을 구현하고 활용하고자 노력하고 있다. 이러한 관심과 노력에도 불구하고 가상현실 기반 업무공간에 대한 연구는 가상현실을 기반으로 한 타 연구 분야보다 부족한 상황이다. 이러한 상황에서 현재까지의 가상현실과 업무공간을 융복합한 연구의 거시적인 동향을 파악하고 신규 연구자와 기업에 선행자료를 제공하고자 한다.

기존 가상현실 기반 업무공간에 대한 동향 분석 연구는 사례가 부족하지만, 가상현실과 타 분야에 대한 융복합 연구에 대한 동향 분석 연구는 다양하게 선행되어 왔다. 가상현실과 타 분야의 융복합 연구 동향을 분석한 국내 연구로는 ScienceDirect 텍스트 데이터를 통한 가상현실 관련 관광학 분야와의 융복합 연구 동향 분석(이금실, 이인주, 2019), 건설 분야에 가상현실 기술이 활용 연구 동향 분석(최민지, 2017), 장애학생 교육에 가상현실 기술을 적용한 연구 동향 분석(손지영, 2018), KCI 텍스트 데이터를 바탕으로 가상현실과 교육적 활용에 대한 연구 동향 연구(이혜선 외, 2019) 등이 있다. 또한, 국외 연구의 경우, Web of Science 텍스트 데이터를 기반으로 마케팅 분야의 가상현실 연구 동향에 대한 텍스트마이닝 연구(Loureiro et al., 2019)와 관광 분야의 가상현실과 증강현실에 대한 연구 동향 분석 연구

(Loureiro et al., 2020) 등이 있다.

본 연구에서는 이러한 연구 필요에 따라서 가상현실 기술과 업무공간에 대한 융복합 연구에 대해 계량정보학 기법의 하나인 패스파인더 네트워크(Pathfinder Network) 분석과 병렬 최근접 이웃 클러스터링(Parallel Nearest Neighbor Clustering)을 사용하여 연구 동향의 네트워크 구조를 파악하고자 하였다. 또한, 삼각매개중심성(Triangle Betweenness Centrality)을 통해 키워드의 전역중심성을 측정하고, 최근접이웃중심성(Nearest Neighbor Centrality)을 통해 키워드의 지역중심성을 측정하였다. 이를 통해 가상현실 기반 업무공간 융복합 연구를 진행하고자 하는 연구자들과 가상현실 기반 업무공간에 대한 사업 검토와 도입 검토를 진행하고 있는 기업에 가상현실 기반 업무공간 연구 방향과 기술 개발 흐름을 제시해줄 수 있을 것으로 기대한다.

II. 이론적 배경

2.1 가상현실 기반 업무공간

가상현실이란 기술적으로는 오감(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각)을 통한 실시간 시뮬레이션 및 상호작용을 포함한 고급 사용자 인터페이스를 의미하며, 실시간으로 사용자를 추적하는 컴퓨터 생성, 몰입형, 다중 감각 정보 프로그램을 의미한다(Burdea and Coiffet, 2003). 또한, 공간적 의미로 가상현실은 컴퓨터를 활용하여 창조된 가상환경에서 인간의 감각과 상호작용을 통해 공간적, 물리적 제약에 의해 현실세

계에서는 경험하기 어려운 상황을 간접적으로 체험할 수 있도록 만든 사이버 공간의 세계를 의미한다(박명진, 이범준, 2004).

가상현실은 사용자의 오감을 통한 상호작용 기술과 컴퓨터를 활용한 가상의 공간이라는 특징을 모두 가지고 있다. 이러한 점에서 가상현실 기술을 활용하여 구축된 업무공간의 경우 가상현실의 기술적 특징을 많이 반영하게 되므로 단순히 가상으로 만들어진 공간으로서의 특징뿐만 아니라 사용자와 컴퓨터 간의 상호작용을 통한 영향을 미치게 되므로 가상현실 기반 업무공간에 대한 연구의 경우 근로자가 업무를 수행하는 공간이면서도 가상으로 구현된 공간에서 사용자가 컴퓨터와 상호작용을 한다는 점을 모두 고려하여 연구를 수행해야 한다는 특징을 갖고 있다.

2.2 가상현실과 업무공간 융복합 연구

가상현실 기술은 사용자가 디지털 환경에 헤드셋을 통해 가상세계에 몰입하게 한다(Kugler, 2017). 가상현실 기반 업무공간의 경우 비용과 시간적 측면의 편익으로 인해, 가상 시뮬레이션 환경을 구축하여 가상 프로토타입을 통해 프로세스 차원의 검증을 수행하고 최적화하는 방식으로 활용할 수 있다(Caputo et al., 2018). 이뿐만 아니라 업무공간에 대한 시간 및 공간적 통제가 가능하다는 장점으로 인해 다양한 업무공간 가상 경험을 토대로 한 연구를 진행할 수 있다(정수환 외, 2019). 또한, 가상공간에서 아바타를 활용한 세컨드라이프와 같은 가상세계 플랫폼이 많아지면서 가상공간을 실제 업무에 도입하고자 하는 연구도 활발해지고 있다. 일례로

가상세계 플랫폼을 기반으로 지리적으로 분산되어 있는 조직의 협업을 위한 글로벌 작업공간으로서 활용이 가능하게 하는 요인을 실증한 연구(Chandra et al., 2012; Srivastava and Chandra, 2018) 등이 진행되었다. 또한, 최근 COVID-19 팬데믹 상황으로 인해 많은 기업이 가상공간을 통해 업무를 진행해야 하는 새로운 근로환경으로의 변화가 빠르게 진행되고 있다(Burrell, 2020; Newman and Ford, 2021). 이러한 변화에 맞추어 가상현실을 기반으로 한 가상협업공간에서 아바타의 활용이 조직의 리더와 구성원의 커뮤니케이션에 미치는 영향을 실증한 연구(Raveendhran et al., 2020) 등이 진행되었다. 협업을 위한 공간적 측면 이외에도 교육현장으로서 가상현실에 대한 연구(김나량, 2022), 스마트관광을 위한 IT서비스의 하위유형으로 가상현실을 고려한 연구(김근형, 2019)와 같은 연구도 활발하게 진행되고 있다.

2.3 패스파인더 네트워크

패스파인더 네트워크(Pathfinder Networks: PFnet)는 방향성이 존재하지 않고 모든 링크가 연결된 가중치를 가지고 있는 네트워크상에서 삼각부등식(Triangle Inequality)을 위반하는 경로를 제거하는 방식을 말하며, 1990년 개발되었다(Schvaneveldt, 1990).

이 네트워크 분석 기법은 지식구조에 대한 세부적인 표현이 어려운 다차원 척도법(Multidimensional Scaling: MDS)을 보완하기 위한 네트워크 척도로써 활용되고 있다(정도현, 2017). 패스파인더 네트워크의 경우 각각의 노드마다 주요한 링크(Link)만 남기고 나머지는

제거하는 방식으로, 네트워크의 간략화와 최적화가 필요한 경우 사용된다(정근하, 2011). 전체 구조를 파악하기 용이하기 때문에 계량서지 데이터를 분석하는 경우, 네트워크의 세부구조 뿐만 아니라 전체적인 구조까지 뚜렷하게 제시할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Chen, 2013).

패스파인더 네트워크의 경우 삼각부등식 위반에 여부를 결정하기 위해 2가지 파라미터 q 와 r 이 필요하다. 파라미터 q 는 노드들 사이에 경로거리를 산출하는데 고려하는 최대 링크 수(거래산출범위)를 의미한다. q 는 2에서 $n-1$ (n 은 노드의 총 개수)까지 설정하며, q 가 커질수록 대상의 범위가 넓어져서 엄격한 조건이 되므로 남은 링크의 수가 줄어들게 된다. 파라미터 r 은 Minkowski 거리 공식의 제곱수이며 두 노드 n_1 과 n_k 사이 특정한 경로를 구성하고 있는 링크가 가지고 있는 가중치를 거리 $w_{n_1n_k}$ 에 반영하는 방법을 의미한다(이재운, 2006c).

$$w_{n_1n_k} \leq \left(\prod_{i=1}^{k-1} w_{n_i n_{i+1}}^r \right)^{\frac{1}{r}} \quad \forall k = 2, 3, \dots, q$$

이 공식에서는 r 이 1이면 각 링크 가중치 합이 그대로 경로의 거리가 되며, r 이 무한대가 되면 경로를 구성하는 링크 가중치 중 최댓값이 경로의 거리가 된다. r 이 커질수록 경로의 길이가 짧아지게 되므로 역시 엄격한 조건이 되어 남은 링크 수가 줄어든다(이재운, 2006c).

본 연구에서는 패스파인더 네트워크 분석을 통해 가상현실과 업무공간이라는 키워드를 기반으로 융복합 연구 분야에 대한 40년 동안의 연구 동향을 제시하고자 한다. 가상현실 기반 업무공간이라는 특성으로 인해 다양한 이머징

기술이 등장하고 기존 기술이 사장되어 가는 흐름을 파악하는 것이 중요하다고 판단되며, 시기별 세부구조와 전체적인 구조를 시각적으로 뚜렷하게 제시할 수 있는 강점을 가진 패스파인더 네트워크 분석을 활용하고자 한다. 또한, 본 연구는 기존 학술 분야의 동향을 파악하는 것에서 벗어나 융복합 분야의 연구 동향을 파악한다는 점에서 다양한 학문의 키워드가 등장할 것으로 판단되며, 이에 따라 클러스터링과 군집명을 선정할 경우 다소 주관적일 수 있는 연구자의 판단을 최소화하기 위해 자동으로 군집과 군집 명을 정할 수 있는 클러스터링 기법인 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 활용하여 분석과정에서 객관적으로 본 연구의 신뢰성을 높이고자 하였다.

경영학 분야에서도 패스파인더 네트워크를 통한 계량서지데이터 분석이 진행되고 있다. 구체적으로, 생산운영관리 연구동향을 분석하기 위한 기법으로 패스파인더 네트워크를 활용되었으며(한장협 외, 2015), 정보보호 점검기준 관계 분석을 위해 패스파인더 네트워크를 활용하기도 하였다(진창영 외, 2014).

2.4 최근접이웃중심성

최근접이웃중심성(Nearest Neighbor Centrality)은 다른 노드에 의해 최근접이웃으로 꼽히는 정도를 의미한다(이재운, 2013). 노드 i 의 최근접이웃중심성 공식은 다음과 같다.

$$C_{TB}(i) = \sum_j f(r_{ji}),$$

$$f(r_{ji}) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_{ji} < \text{MAX}(w_{j1}, \dots, w_{jn}) \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

본 공식에서는 r_{ji} 는 노드 j 와 연결된 이웃 노드 중, 노드 i 가 몇 번째 가까운 노드인지를 측정하는 순위를 의미한다. $f(r_{ji})$ 는 r_{ji} 가 첫 번째인 경우에만 1이고, 나머지는 0이 되므로, 본 공식에서는 결국 노드 i 를 1위로 꼽는 다른 노드의 숫자를 세는 것이다. 최근접이웃중심성은 각 이웃노드들 마다 상대적으로 강한 링크만을 남길 경우, 해당 노드가 가지는 링크의 수를 세기 때문에, 가중 네트워크 분석 시에는 지역 중심성을 측정할 수 있는 지표로 활용된다(이재운, 2013).

2.5 삼각매개중심성

삼각매개중심성(Triangle Betweenness Centrality)은 가중 네트워크에서 한 노드가 다른 노드 사이를 매개시켜주는 능력을 측정하는 기법으로 해당 노드의 강도가 약하더라도 폭넓은 관계를 가질 경우, 소수에 집중된 노드보다 유리한 척도이며, 가중 네트워크에서 노드의 상대적 전역 중심성을 측정할 수 있기 때문에 영향력이 높은 척도를 찾기 유용한 기법이다(이재운, 2006a).

노드 간 링크 가중치로 구성된 연관성 행렬에서 노드 i 의 삼각매개중심성은 아래의 공식과 같다. 다른 두 노드 j 와 k 사이의 링크 가중치가 i 와 j , i 와 k 사이의 링크 가중치보다 작은 경우의 수로 측정하게 된다(이재운, 2013).

$$C_{TB}(i) = \sum_j \sum_k f(b_{jk}),$$

$$f(b_{jk}) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_{jk} < \min(w_{ij}, w_{ik}) \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

삼각매개중심성은 전체 노드의 수가 N 개로

구성된 네트워크에서 자신을 제외한 다른 노드들 사이의 관계를 매개하는 경우 최댓값 $(N-1) \times (N-2)/2$ 가 되며, 이에 따라 0부터 1 사이의 값으로 정규화하는 경우 삼각매개중심성 값을 이론적으로 가능한 최댓값으로 나누어 상대적 삼각매개중심성을 활용하게 된다(이재운, 2013).

노드의 중심성을 측정하는 척도로 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성이 있으며(Freeman et al., 1979), 이 중심성 척도들은 모두 노드 간의 관계가 연결 유무로 표현되는 이진네트워크(그래프)에 적용된 것이기 때문에 본 연구에서 활용하고자 한 가중 네트워크에서는 연결의 강도가 가중치로 표현되기 때문에 해당 척도를 그대로 활용하기 어렵다(이재운, 2006a). 그러므로, 본 연구에서는 삼각매개중심성을 활용하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

3.1 연구문제

본 연구에서는 가상현실 기반 업무공간에 대한 융복합 연구의 지식구조를 파악하기 위해 선행연구의 논문 서지 데이터를 수집 및 분석을 진행하여 연구를 수행하고자 한다. 본 연구에서 알아보려는 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 연구가 시작된 1982년부터 약 40년간 가상현실 기반 업무공간의 융·복합 연구에서 많이 다루는 관련 주제에 대해서 신규키워드와 소멸 키워드를 기반으로 확인해보고자 한다. 둘째, 가상현실 기반 업무공간의 융·복합 연구에 있어서 연구 주제 간 전체적인 관계의 구조를 파

약하고자 하며, 현재까지의 연구 흐름을 시각화된 자료로 구축하고자 한다. 이를 위해 패스파인더 네트워크 분석과 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 활용하여 어떤 연구 주제가 다른 주제에 관련되어있는지를 알아볼 수 있다. 셋째, 가상현실 기반 업무공간의 융·복합 연구에 있어서 연관성이 있는 주제들로 이루어진 군집의 형성과 소멸, 규모 등이 시기의 흐름에 따라 어떻게 변화하는지 살펴보고자 한다. 이를 위해 삼각매개중심성을 활용하였다. 넷째, 연결된 키워드 간의 지역중심성을 파악하여 높은 관계성을 가진 키워드 간의 관계를 밝혀내고자 한다. 이를 위해 최근접이웃중심성을 활용할 예정이며, 관계성이 높은 키워드 간의 관계를 파악하여, 현재 융·복합 연구가 활발한 분야를 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 분석대상

본 연구는 Elsevier사의 Scopus.com을 통해 키워드 검색을 수행하였으며, 1982년부터 2021년 10월 24일까지 약 40년간 게재된 12,550편의 논문을 수집하여 분석대상으로 선정하였다.

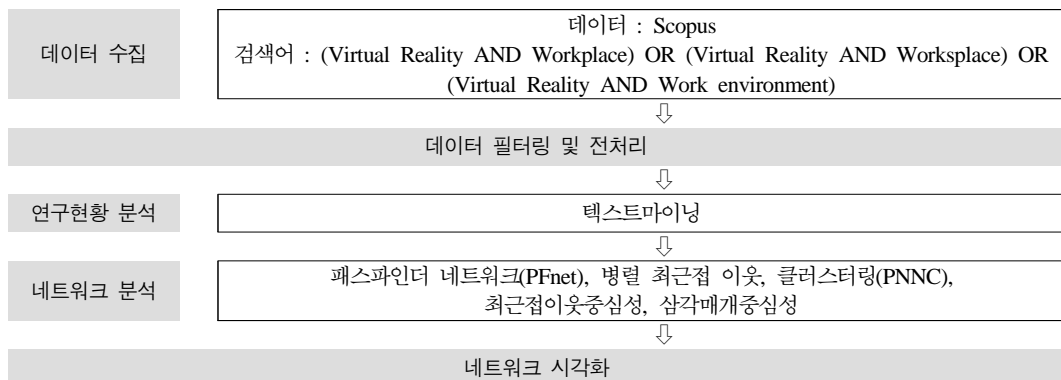
40년이라는 기간 동안 연구가 수행되었기 때문에 시기에 따라 변화를 파악하기 위해 기간을 5년 단위로 나누어 기수를 선정하였다. 다만, 초기 연구가 시작된 1982년부터 1986년까지 출판된 논문은 1건, 1987년부터 1991년까지 8건, 1991년부터 1996년까지는 185건, 1997년부터 2001년까지 854건으로 타 기간 대비 연구의 수가 부족한 관계로 타 기간과 같은 기준으로 키워드 출현빈도를 기준으로 네트워크를 구성할 경우 유의미한 결과를 확인하기 어렵다고 판단하여 해당 기간(1982년~2001년)까지를 통합하여 1기로 진행하였다. 다음 <표 1>은 분석 대상의 논문 수이다.

<표 1> 논문 편수

기간	발간 논문수
1기(1982~2001)	1,048
2기(2002~2006)	1,899
3기(2007~2011)	2,528
4기(2012~2016)	2,730
5기(2017~2021)	4,045

3.3 분석방법

본 연구는 <그림 4>와 같이 수집한 논문 초



<그림 4> 연구 모형

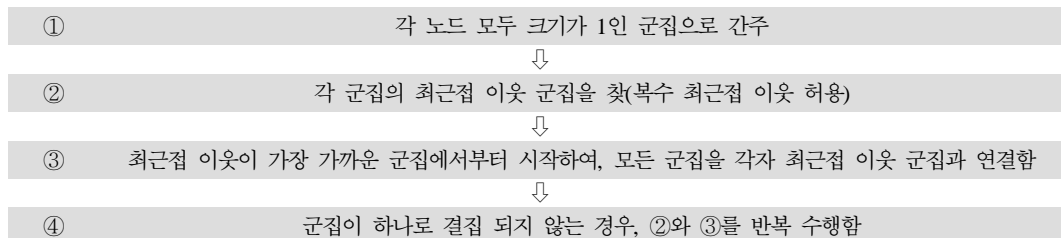
록 데이터를 기반으로 텍스트마이닝과 패스파인더 분석을 통해 기간별로 연구 동향을 파악하였다. 이를 위해 데이터 전처리와 패스파인더 네트워크 분석을 위해 Netminer 4.4.3을 활용하였으며, 패스파인더 네트워크의 클러스터링을 위해 WNET 0.4.1을 통해 각 기간의 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 진행하였다(이재윤, 2006b).

본 연구에서는 클러스터링을 위해 병렬 최근접 이웃 클러스터링(Parallel Nearest Neighbor Clustering: PNNC)을 사용하였다. 전통적인 클러스터링 분석의 경우 군집의 수를 결정하는데 있어서 연구자의 자의적인 해석이 들어가는 반면, 병렬 최근접 이웃 클러스터링은 군집의 수가 자동적으로 결정된다는 장점을 가지고 있다(이재윤, 2006b). 병렬 최근접 이웃 클러스터링의 알고리즘은 <그림 5>와 같다.

또한, 본 연구에서는 최근접이웃중심성을 기반으로 가상현실 기반 업무공간에 대한 융복합 연구의 선행연구에 대한 키워드 간의 관계에 있어서 지역 중심성을 실증하고자 하였다.

IV. 연구결과

4.1 시기별 연구 키워드 변화 분석



<그림 5> 병렬 최근접 이웃 클러스터링 알고리즘 (이재윤, 2006b)

시기별로 연구 키워드의 변화를 파악하기 위해 시기별 신규 키워드와 소멸키워드를 살펴보았다. 다음 <표 2>는 시기별 신규 키워드 및 소멸 키워드를 나타내었다. 1기에서 2기 사이의 신규 키워드와 소멸 키워드를 확인해본 결과, 새롭게 추가된 키워드는 Augmented reality, game, animation 등과 같은 콘텐츠 관련 키워드와 Computer aided design, module, manufacturing, computing, programming, protocol, server 등과 같은 기술 관련 키워드가 신규로 추가되었으며, 소멸한 키워드는 없는 것을 확인할 수 있다.

2기에서 3기 사이의 신규 키워드와 소멸 키워드를 확인해본 결과, Second life, avatar, character, Mixed reality 등과 같이 가상세계에 대한 키워드가 신규로 추가된 것을 확인할 수 있으며, gesture, arm, rehabilitation, surgery 등과 같은 의료 및 재활 관련 키워드가 새롭게 등장한 것으로 나타났다. 반면, Computer aided design 키워드는 소멸한 것을 확인할 수 있다.

3기에서 4기 사이의 User eXperience, player, exercise 등과 같은 사용자 기반 연구 관련 키워드가 새롭게 등장한 것을 확인할 수 있으며, health, treatment와 같은 건강 관련 키워드가 등장한 것을 확인할 수 있다. 반면, Collaborative Virtual Environment, Second

<표 2> 시기별 신규 키워드 및 소멸 키워드

시기	신규 키워드	소멸 키워드
1기-2기	Computer aided design, Collaborative Virtual Environment, Augmented reality, module, map, manufacturing, machine, game, desktop, designer, creation, computing, community, animation, organization, programming, protocol, rendering, server, service, simulator, stage, tracking, virtual object, web	-
2기-3기	Second life, Mixed reality, power, online, motor, monitoring, mapping, immersion, gesture, facility, expert, equipment, engine, character, Data, avatar, arm, Virtualization, rehabilitation, screen, surgery, vehicle, worker	Computer aided design
3기-4기	stimulus, User eXperience, Real environment, security, Head mounted display, player, identification, health, exercise, database, cooperation, Computer aided design, art, Cloud, Virtual machine, treatment, workload	Collaborative Virtual Environment, Second life, online, multimedia
4기-5기	Artificial intelligence, HTC Vive, Humanrobot, Industry 4.0, Internet of Things, Oculus, Virtual learning environment, audio, brain, car, conference, disease, emotion, entertainment, ergonomic, eye, finger, gamification, glass, head, headset, healthcare, human computer, interact, interactivity, license, machine learning, mobility, multimedia, pandemic, smartphone, teleoperation, texture, touch, tourism, transformation, wellbeing, workflow	cooperation

life, online, multimedia와 같은 키워드는 소멸한 것을 확인할 수 있다. 이는 상대적으로 가상 세계와 관련된 연구가 줄어든 것을 확인할 수 있으며, 실제 장비 등을 활용한 사용자 경험의 연구가 늘어난 것으로 파악할 수 있다.

4기에서 5기 사이의 HTC Vive, Humanrobot, Oculus, glass, head, headset, human computer 등과 같은 구체적인 VR 장비와 관련된 키워드가 새롭게 등장했으며, Artificial intelligence, Industry 4.0, Internet of Things, machine learning 등과 같은 4차 산업 혁명 관련된 키워드가 새롭게 등장한 것을 확인할 수 있다. 또한, disease, healthcare, wellbeing과 같은 건강 관련 키워드가 신규로 등장한 것으로 확인되었다. 반면, cooperation 키워드는 소멸한 것으로 확

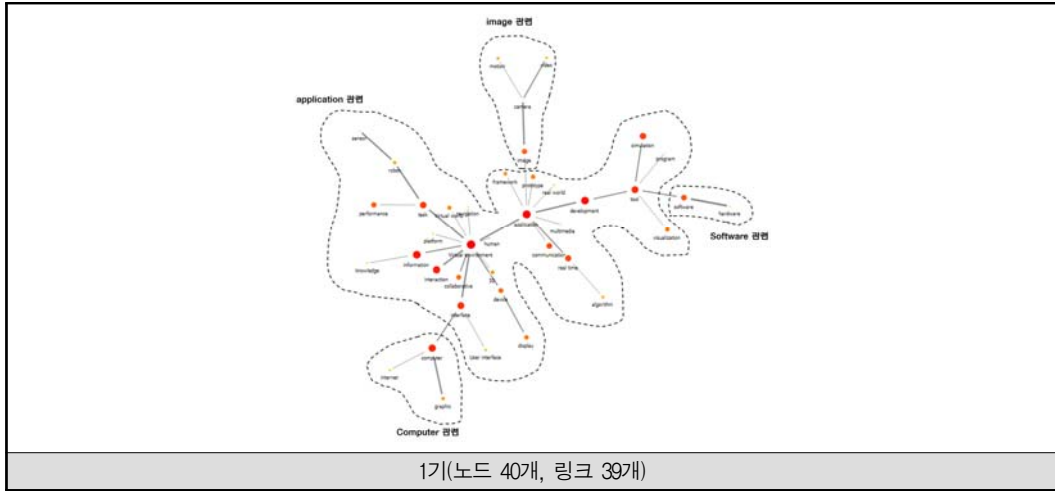
인되었다.

4.2 패스파인더 네트워크 분석 결과

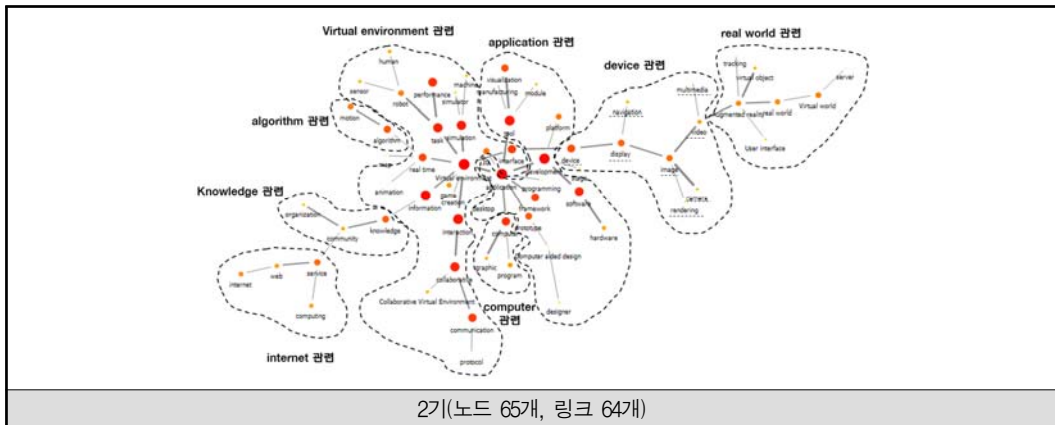
패스파인더 네트워크 분석을 통해 각 기간의 연구 네트워크를 작성하였다. 패스파인더 네트워크 분석을 통해 모든 키워드를 분석할 경우 분석 대상에 대한 적절한 분석이 어렵기 때문에 해당 기간에 키워드의 출현빈도를 50개 이상으로 설정하여 키워드를 추출하였다.

병렬 최근접 이웃 클러스터링(PNNC)을 통해 각 기간의 키워드에 대한 군집분석을 실시하였다. 각 군집에서 삼각매개중심성이 가장 높은 키워드의 경우 해당 군집에서 영향력이 높은 핵심주제가 되며, 해당 군집의 핵심 키워드이기 때문에 해당 군집명으로 설정하였다(장령

령, 홍현진, 2014; 한장협 외, 2015). <표 3>은 5기는 <그림 10>으로 네트워크를 시각화하여 시기별 군집을 나타내며, 1기는 <그림 6>, 2기 제시하였다. 는 <그림 7>, 3기는 <그림 8>, 4기는 <그림 9>.

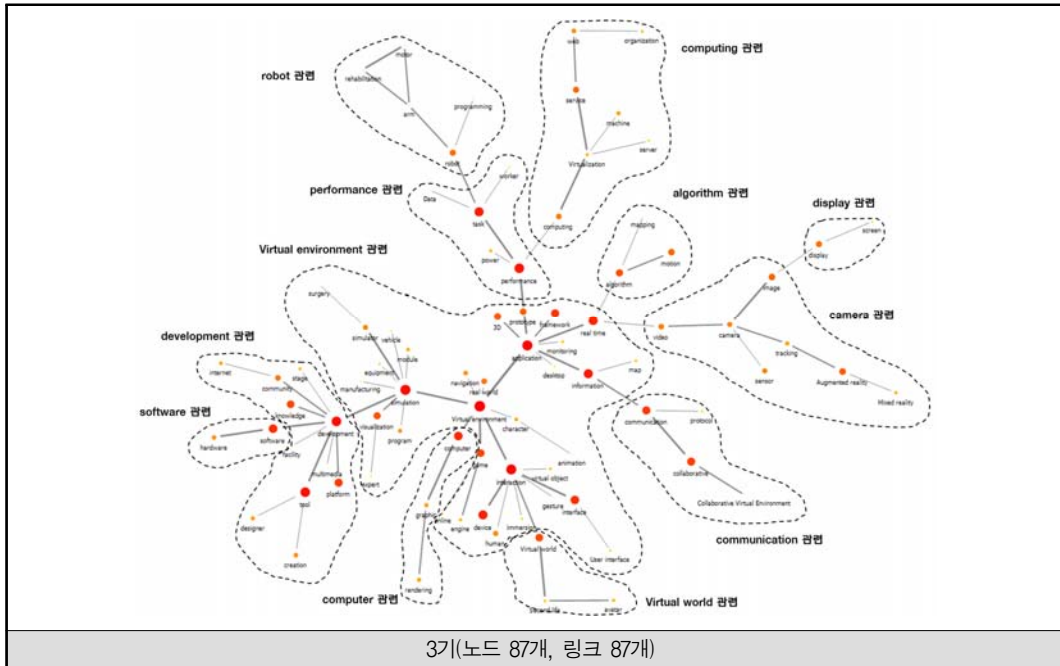


<그림 6> 1기 키워드의 패스파인더 네트워크

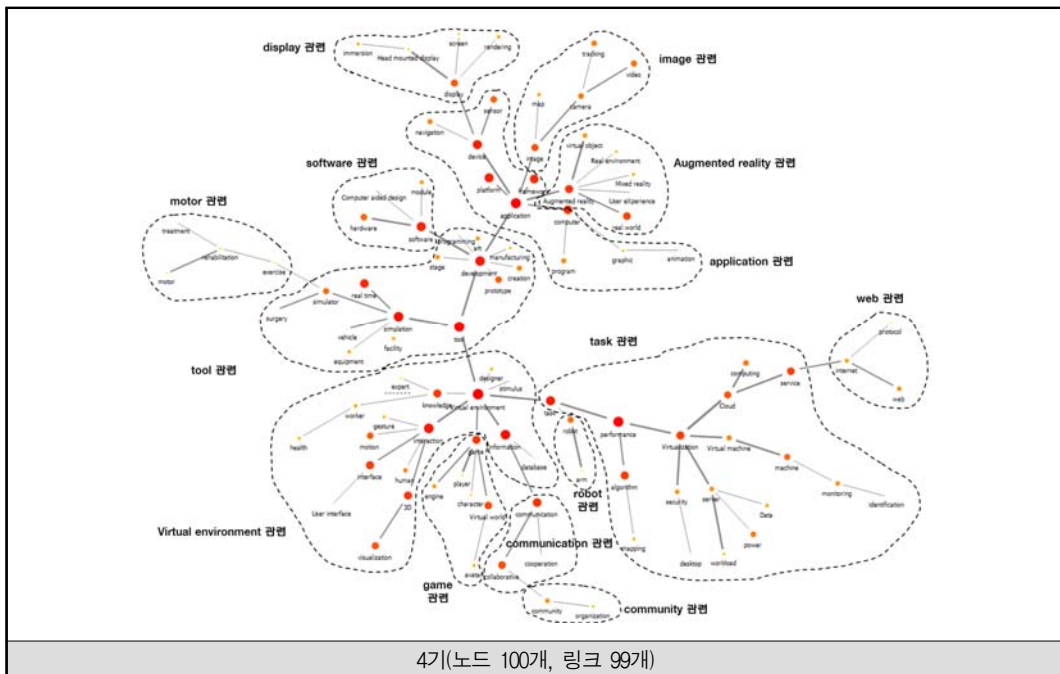


<그림 7> 2기 키워드의 패스파인더 네트워크

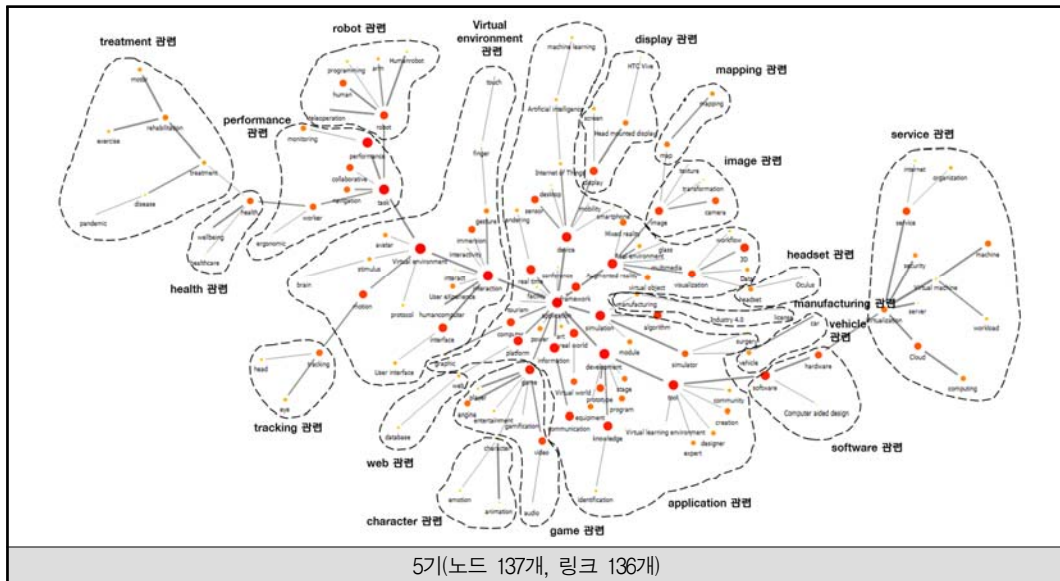
— 가상현실 기반 업무공간 융복합 분야 연구 동향 분석: 패스파인더 네트워크와 병렬 최근접 이웃 클러스터링 방법론 활용



<그림 8> 3기 키워드의 패스파인더 네트워크



<그림 9> 4기 키워드의 패스파인더 네트워크



<그림 10> 5기 키워드의 패스파인더 네트워크

4.3 병렬 최근접 이웃 클러스터링 결과

기간별 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 분석한 결과, 1982년부터 2001년까지의 기간인 1기에서는 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 통해 4개의 군집을 형성되었으며, 1기의 경우 가상현실과 업무공간에 대한 융복합 연구의 초기 단계로 ‘application’ 군집이 77.5%로 대다수를 차지하며, ‘image’ 군집이 10.0%로 두 번째 규모를 차지하고 있다. 이 시기의 특징은 최초로 가상현실에 대한 연구가 시작된 시기라는 점이다. 실제로 가상현실을 구현하는 대표적인 장비인 VR 헤드셋의 경우, 1982년 Jaron Lanier가 안경과 장갑을 결합시킨 컴퓨팅 인터페이스를 개발하였고 이를 가상현실이라고 부르게 되었고, 그 이후에 Jaron Lanier가 창업한 VPL에서 1989년 ‘Cyberface’라는 VR 헤드셋을 발표하였다(안수진, 김주연, 2018). 1991년에는 게임

기업인 SEGA에서 HMD 기반의 ‘SEGA VR’을 출시하여 게임 형태의 서비스를 제공하였다. 해당 시기는 가상현실이라는 용어가 만들어지고 대중화된 시기라고 할 수 있다.

2002년부터 2006년까지의 기간인 2기에서는 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 통해 8개의 군집을 형성하였으며, ‘Virtual environment’ 군집의 규모가 32.3%를 차지하며, ‘application’ 군집은 26.2%로 2번째 규모를 차지하는 것을 확인할 수 있다. 1기의 경우 ‘application’ 군집에 ‘Virtual environment’가 포함되어있었지만, 2기에서는 별도의 군집으로 형성되어 ‘simulation’, ‘task’, ‘information’, ‘interaction’ 등의 키워드와 연계되어 주요하게 연구되었다는 점을 확인할 수 있다.

또한, ‘device’ 군집이 12.3%의 규모를 차지하고 있다. 이는 본격적으로 가상현실과 업무공간 관련 애플리케이션과 장비에 대한 연구가

본격적으로 진행되었다는 점을 확인할 수 있다. 또한, 해당 기간의 특징적인 점은 ‘real world’ 군집이 존재한다는 점이다. ‘real world’ 군집의 경우 군집 내 연구 키워드인 ‘virtual world’와 대칭되는 키워드가 존재하며, ‘Augmented reality’가 해당 군집에 포함된 것을 확인할 수 있다. 가상세계의 경우 웹 기술의 발전에 따라 등장한 3D 환경의 세계를 의미한다(이동은, 2009). 또한, 증강현실(Augmented Reality)의 경우 현실 환경을 기반으로 새로운 정보와 이미지를 덧붙여 실제 존재하는 것처럼 현실을 증강시킨 세계를 의미한다(한혜원, 2008). 해당 기간에는 실제 현실을 중심으로 증강현실 기술을 통해 새로운 가상세계를 구축하고자 한 연구가 활발히 진행되었을 것으로 판단된다.

2007년부터 2011년까지의 3기에서는 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 통해 12개의 군집을 형성하였으며, 가장 큰 ‘Virtual environment’ 군집의 규모가 40.2%로 가장 큰 군집을 형성하였다. 해당 군집의 경우 2기에 별도로 존재했던 ‘Virtual environment’와 ‘application’ 군집이 합쳐진 것을 확인할 수 있으며, 이를 통해 가상 환경에 대한 애플리케이션 연구가 이전 기간에 비해 상대적으로 활발히 융복합되어 연구되었다는 점을 확인할 수 있다.

또한, 신규로 기술 개발과 관련된 ‘development’ 군집이 12.6%로 두 번째로 큰 군집으로 등장하였다. 기존 ‘development’의 경우 이전 기수에서는 ‘application’ 군집에 하위 키워드로 위치했었지만, 별도의 군집을 형성하며 ‘tool’, ‘platform’과 같은 키워드로 연계되어 주요하게 연구되었다는 점을 확인할 수 있다. 또한, 가상현실과 업무공간에 대한 연구에 있어

서 ‘computing’, ‘robot’, ‘display’와 같은 기술로 파생되어 연구 분야가 확장되고 있다는 점을 확인할 수 있다. 또한, 해당 기간의 경우 ‘virtual world’ 군집이 형성된 것을 확인할 수 있다. 2000년대 중반에 이르러 웹 플랫폼이 탈공간화되면서 ‘Second life’와 같은 가상세계에서는 ‘avatar’를 통해 가상세계에 자신을 표현하게 되었다. 그리고 이러한 가상세계는 대리체험을 기반으로 한 사용자 참여형 커뮤니티와 사회적 네트워크의 형태로 발전하였다(최은영, 서동애, 2008). 이렇듯 새로운 서비스의 등장으로 인해 해당 기간에 가상세계와 관련된 연구가 활발히 진행된 것으로 판단된다.

‘robot’ 군집의 경우 ‘rehabilitation’, ‘arm’, ‘motor’ 등과 같은 재활 관련 키워드가 주류를 이루는 것을 확인할 수 있다. 실제로 의료용 로봇의 경우 가상의 그래픽 환자 모델에 대한 수술 연습을 진행하기도 하고, 재활 로봇(rehabilitation robot)의 경우 노인이나 장애인의 재활에 도움을 주는 로봇시스템을 의미하며, 로봇팔(robot arm)의 경우 CAD/CAM의 자료를 바탕으로 외과 수술을 수행하기도 한다(Ji and Kim, 2008). 해당 기간 동안 로봇을 바탕으로 가상환경에서 의료 및 보건의술에 대한 연구가 활발히 진행된 것을 확인할 수 있다.

2012년부터 2016년까지의 4기에서는 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 통해 14개의 군집을 형성하였으며, 가장 큰 비율을 차지하는 군집은 ‘task’로 18.0%를 차지했으며, 기존 가장 큰 군집을 차지하던 ‘Virtual environment’ 군집이 17.0%로 비중이 줄어들었다. 또한, ‘tool’ 군집이 15.0%를 차지하고 있다. 이러한 변화는 가상현실과 업무공간에 대한 융복합 연구에 있어

서 기술 개발이 중심이던 과거의 연구와 달리, 6.0%, ‘Augmented reality’ 군집이 6.0%의 군
 업무의 도구로서의 연구로 많은 비중이 이동했 집을 형성하고 있는데, 이는 2012년부터 2016
 다는 것을 의미한다. 또한, ‘game’ 군집이 년까지 해당 키워드 관련 연구가 하나의 연구

<표 3> 시기별 군집명 및 군집 규모

1기(1982~2001)		2기(2002~2006)		3기(2007~2011)		4기(2012~2016)		5기(2017~2021)	
군집명 (%)	규모 (개)	군집명 (%)	규모 (개)	군집명 (%)	규모 (개)	군집명 (%)	규모 (개)	군집명 (%)	규모 (개)
application (77.5%)	31	Virtual environment (32.3%)	21	Virtual environment (40.2%)	35	task (18.0%)	18	application (38.0%)	52
image (10.0%)	4	application (26.2%)	17	development (12.6%)	11	Virtual environment (17.0%)	17	Virtual environment (12.4%)	17
computer (7.5%)	3	device (12.3%)	8	computing (8.0%)	7	tool (15.0%)	15	service (8.0%)	11
software (5.0%)	2	real world (10.8%)	7	image (8.0%)	7	application (10.0%)	10	performance (5.1%)	7
		internet (6.2%)	4	robot (5.7%)	5	game (6.0%)	6	game (5.1%)	7
		computer (4.6%)	3	performance (5.7%)	5	Augmented reality (6.0%)	6	treatment (4.4%)	6
		knowledge (4.6%)	3	communication (4.6%)	4	image (5.0%)	5	robot (4.4%)	6
		algorithm (3.1%)	2	computer (3.4%)	3	display (5.0%)	5	image (2.9%)	4
				algorithm (3.4%)	3	motor (4.0%)	4	display (2.9%)	4
				Virtual world (3.4%)	3	software (4.0%)	4	health (2.2%)	3
				software (2.3%)	2	web (3.0%)	3	tracking (2.2%)	3
				display (2.3%)	2	communication (3.0%)	3	character (2.2%)	3
						community (2.0%)	2	manufacturing (2.2%)	3
						robot (2.0%)	2	software (2.2%)	3
								mapping (1.5%)	2
								web (1.5%)	2
								vehicle (1.5%)	2
								headset (1.5%)	2
총계	40	총계	65	총계	87	총계	100	총계	137

분야로 본격적으로 확장해 나갔다는 것을 의미한다.

해당 기간의 경우 ‘Augmented reality’ 군집이 최초로 형성된 것을 확인할 수 있다. 실제로 마이크로소프트의 경우 해당 기간인 2015년 안경 형태의 디바이스인 ‘HoloLens’를 공개했으며, 2016년에는 더욱 발전된 형태의 ‘Holoportation’을 공개하였다(임황용 외, 2018). 구글의 경우에도 2015년에 ‘Google Glass’를 출시하였다. 증강현실 관련 기기의 본격적인 상용화로 인한 영향으로 관련 연구가 증가한 것으로 판단할 수 있다.

또한, 해당 기간에는 ‘game’ 군집이 처음으로 형성되었다. 실제로 2016년 증강현실 기술을 기반으로 한 모바일 게임인 ‘Pokémon GO’가 출시되었다. 또한, 2015년도에는 다양한 컨퍼런스에서 가상현실 기반 게임들이 공개되었고, 가상현실 기술을 바탕으로 사용자의 시각적 몰입감과 체험 효과를 극대화하는 게임 등이 해당 기간에 출시되기 시작하면서(방준성 외, 2016), 본격적인 연구 주제의 군집으로 발전된 것으로 판단할 수 있다.

2017년부터 2021년까지의 5기에서는 병렬 최근접 이웃 클러스터링을 통해 18개의 군집을 형성하였으며, ‘application’ 군집이 38.0%로 가장 활발히 연구되었으며, ‘Virtual environment’ 군집이 12.4%로 두 번째로 큰 군집을 형성하고 있다. ‘service’이 8.0%로 세 번째 규모의 군집으로 등장하였다. 이는 본격적으로 서비스로서 가상현실과 업무공간에 대한 연구가 주요한 주제로 연구되기 시작했다는 것을 의미한다. 또한, 해당 기간의 특징적인 점은 ‘display’, ‘headset’ 군집이 확대되면서 구체적

인 VR과 관련된 제품이 키워드로 등장했다는 점이다. 실제로, ‘display’ 군집에는 HTC와 밸브 코퍼레이션이 개발한 ‘HTC Vive’, ‘headset’ 군집에는 메타(前 페이스북)의 ‘Oculus’ 키워드가 새롭게 등장했다. 실제로 머리에 착용하는 HMD 방식의 가상현실 기기의 경우 무거운 무게와 비싼 가격으로 인해 실용성이 떨어졌지만, Palmer Luckey가 창업한 오쿨러스사에 의해서 가볍고 저렴한 단말기 형태의 제품이 2016년에 출시되었으며, 대중들로 하여금 가상현실 기기에 대한 관심과 실제 활용이 확대되는 계기가 되었으며(안수진, 김주연, 2018), 이에 따라 관련 제품과 서비스에 대한 활용이 많아진 것으로 파악할 수 있다.

또한, ‘treatment’와 ‘health’ 군집과 같은 의료보건 영역에서도 가상현실 기반 업무공간에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다는 점을 확인할 수 있었으며, 의료보건 산업에 있어서 코로나19 팬데믹 상황에서 원격환영 및 가상공간 활용에 급격한 수요가 증가하였으며 이에 따라 관련 연구가 활발히 진행된 것으로 판단된다.

4.4 중심성 분석 결과

본 연구에서는 기간별로 가중 네트워크에서 영향력이 높은 키워드를 찾아 해당 키워드가 미시적으로는 어떤 주제의 키워드와 융복합되어 연구되는지 확인하기 위해 삼각매개중심성과 최근접이웃중심성을 척도로 연구를 수행하였다. 키워드 간 전역중심성을 확인하고자 삼각매개중심성을 산출하였으며, 지역중심성을 확인하고자 최근접이웃중심성을 산출하였다. 각 기간별로 상대적 삼각매개중심성이 높은 상위

20개의 키워드를 상대적 삼각매개중심성을 ‘rTBC(0~1)’로 명명하여 <표 5>에 제시하였다. 또한, 각 기간별로 최근접이웃중심성을 받을림한 값이 ‘0.03’이 넘는 상위권 키워드를 대상으로 선정하여 제시하였다. 최근접이웃중심성을 ‘rNNC(0~1)’으로 명명하였으며, 최근접이웃 키워드를 ‘NNs’로 명명하여 1기부터 3기까지는 <표 6>, 4기부터 5기까지는 <표 7>에 제시하였다.

상대적 삼각매개중심성 분석 결과는 다음과 같다. 1기의 경우, ‘application(0.85)’, ‘Virtual environment(0.84)’, ‘computer(0.70)’, ‘information(0.65)’, ‘interface(0.60)’ 키워드 순

으로 삼각매개중심성이 높게 나타났다. 또한, 1기의 경우 ‘graphic(0.33)’과 같은 키워드의 삼각매개중심성이 높게 나타났으며, 이는 가상현실과 업무공간에 대한 융복합 연구에 있어서 시각적 구현을 목적으로 하는 연구가 다른 기간에 비해 상대적으로 영향력 있게 연구되었음을 확인할 수 있다.

2기의 경우, ‘application(0.89)’, ‘Virtual environment(0.79)’, ‘interaction(0.70)’, ‘development(0.69)’, ‘information(0.69)’ 키워드 순으로 삼각매개중심성이 높게 나타났다. 또한, 2기의 경우 다른 기간이 비해서 ‘collaborative(0.41)’, ‘prototype(0.40)’과 같은

<표 5> 시기별 상대적 삼각매개중심성 분석 결과

1기		2기		3기		4기		5기	
키워드	rTBC (0~1)	키워드	rTBC (0~1)	키워드	rTBC (0~1)	키워드	rTBC (0~1)	키워드	rTBC (0~1)
application	0.85	application	0.89	Virtual environment	0.86	application	0.87	application	0.91
Virtual environment	0.84	Virtual environment	0.79	application	0.86	Virtual environment	0.79	Virtual environment	0.84
computer	0.70	interaction	0.70	interaction	0.75	information	0.76	interaction	0.83
information	0.65	development	0.69	development	0.74	tool	0.75	development	0.81
interface	0.60	information	0.69	tool	0.72	development	0.75	information	0.80
interaction	0.56	computer	0.63	simulation	0.72	device	0.73	tool	0.79
real time	0.54	tool	0.63	information	0.71	interaction	0.71	device	0.78
task	0.53	interface	0.62	performance	0.69	task	0.69	performance	0.75
development	0.52	software	0.60	computer	0.65	performance	0.69	task	0.74
tool	0.51	simulation	0.56	real time	0.64	simulation	0.65	simulation	0.73
simulation	0.45	real time	0.53	task	0.62	computer	0.65	game	0.68
communication	0.40	task	0.49	device	0.61	software	0.64	platform	0.68
image	0.38	performance	0.49	interface	0.60	platform	0.62	Augmented reality	0.67
device	0.35	communication	0.46	software	0.57	real time	0.60	real time	0.64
visualization	0.35	visualization	0.46	platform	0.55	communication	0.55	software	0.62
graphic	0.33	framework	0.45	3D	0.54	interface	0.54	computer	0.59
3D	0.30	3D	0.44	communication	0.47	Augmented reality	0.52	interface	0.59
software	0.30	device	0.44	game	0.47	image	0.50	framework	0.58
performance	0.30	collaborative	0.41	framework	0.47	sensor	0.49	communication	0.56
robot	0.27	prototype	0.40	visualization	0.46	framework	0.48	sensor	0.55

키워드의 상대적 삼각매개중심성이 높은 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 가상현실과 업무공간 융복합 연구에 있어서 협업과 실제 구현과 관련한 연구가 상대적으로 영향력 있게 연구되었음을 확인할 수 있다.

3기의 경우, ‘Virtual environment(0.86)’, ‘application(0.86)’, ‘interaction(0.75)’, ‘development(0.74)’, ‘tool(0.72)’ 키워드 순으로 삼각매개중심성이 높게 나타났다. 또한, 3기의 경우 interface(0.60)와 같은 키워드의 상대적 매개중심성이 높게 나타났으며, 이는 가상현실과 업무공간의 사용자의 이용과 관련된 연구가 상대적으로 영향력 있게 연구되었음을 확인할 수 있다. 또한, game(0.47) 키워드가 영향력 있는 연구 주제로 등장한 것을 확인할 수 있다.

4기의 경우, ‘application(0.87)’, ‘Virtual environment(0.79)’, ‘information(0.76)’, ‘tool(0.75)’, ‘development(0.75)’ 순으로 키워드의 삼각매개중심성이 높게 나타났다. 또한, Augmented reality(0.52) 키워드가 영향력 있는 연구 주제로 등장하였으며, device(0.73), sensor(0.49)와 같은 장치에 관한 키워드의 영향력이 이전보다 높아진 것을 확인할 수 있다.

5기의 경우, ‘application(0.91)’, ‘Virtual environment(0.84)’, ‘interaction(0.83)’, ‘development(0.81)’, ‘information(0.80)’ 순으로 키워드의 삼각매개중심성이 높게 나타났다. 또한, 5기의 경우 ‘game(0.68)’, ‘Augmented reality(0.67)’와 같은 콘텐츠 관련 키워드의 영향력이 이전에 비해 높아진 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 최근접이웃중심성 분석 결과는 다음과 같다. 1기의 경우 ‘Virtual environment(0.31)’, ‘applicaton(0.21)’, ‘camera(0.08)’, ‘tool

(0.08)’ 키워드 순으로 최근접이웃중심성이 높게 나타났으며, 최근접이웃 키워드 중에서 ‘Virtual environment’가 5개로 가장 많은 키워드의 최근접 이웃 키워드였으며, ‘application’이 3개로 두 번째로 많은 최근접 이웃 키워드였다.

2기의 경우 ‘Virtual environment(0.13)’, ‘application(0.11)’, ‘Augmented reality(0.06)’, ‘development(0.06)’, ‘image(0.06)’ 키워드 순으로 최근접이웃중심성이 높게 나타났으며, 최근접이웃 키워드의 경우 ‘Virtual environment’가 4개로 가장 많은 키워드의 최근접 이웃 키워드로 나타났으며, ‘interaction’과 ‘application’이 각각 2개로 두 번째로 최근접 이웃 키워드로 나타났다.

3기의 경우 ‘application(0.09)’, ‘Virtual environment(0.08)’, ‘development(0.08)’, ‘simulation(0.08)’, ‘interaction(0.07)’ 키워드 순으로 최근접이웃 중심성이 높게 나타났으며, 최근접이웃 키워드의 경우 ‘Virtual environment’가 3개로 가장 많은 키워드의 최근접 이웃 키워드로 나타났다.

4기의 경우 ‘development(0.07)’, ‘interaction(0.06)’, ‘Augmented reality(0.05)’, ‘Virtual environment(0.05)’, ‘simulation(0.05)’ 키워드 순으로 최근접이웃 중심성이 높게 나타났으며, 최근접이웃 키워드의 경우 ‘tool’이 2개로 가장 많은 키워드의 최근접 이웃 키워드로 나타났다.

5기의 경우 ‘application(0.11)’, ‘interaction(0.06)’, ‘Augmented reality(0.05)’ 키워드 순으로 최근접이웃 중심성이 높게 나타났으며, 최근접이웃 키워드의 경우 ‘application’가 3개로 가장 많은 키워드의 최근접 이웃 키워드로 나타났다.

<표 6> 1기, 2기, 3기 최근접이웃중심성 분석 결과

1기			2기			3기		
키워드	rNNC (0~1)	NNs	키워드	rNNC (0~1)	NNs	키워드	rNNC (0~1)	NNs
Virtual environment	0.31	application	Virtual environment	0.13	interaction	application	0.09	Virtual environment
application	0.21	Virtual environment	application	0.11	development	Virtual environment	0.08	application
camera	0.08	image	Augmentedreality	0.06	virtual object	development	0.08	tool
tool	0.08	development	development	0.06	application	simulation	0.08	Virtual environment
computer	0.05	graphic	image	0.06	camera	interaction	0.07	Virtual environment
task	0.05	Virtual environment	tool	0.05	application	camera	0.05	image
development	0.03	application	collaborative	0.03	interaction	Virtualization	0.05	computing
device	0.03	Virtual environment	community	0.03	knowledge	tool	0.03	development
graphic	0.03	computer	computer	0.03	graphic	task	0.03	performance
hardware	0.03	software	display	0.03	image			
image	0.03	camera	interaction	0.03	Virtual environment			
information	0.03	Virtual environment	real time	0.03	Virtual environment			
interface	0.03	Virtual environment	robot	0.03	task			
real time	0.03	application	service	0.03	web			
robot	0.03	task	simulation	0.03	Virtual environment			
software	0.03	hardware	task	0.03	Virtual environment			
			web	0.03	service			

<표 7> 4기, 5기 최근접이웃중심성 분석 결과

4기			5기		
키워드	rNNC (0~1)	NNs	키워드	rNNC (0~1)	NNs
development	0.07	tool	application	0.11	Augmented reality
interaction	0.06	Virtual environment	interaction	0.06	Virtual environment
Augmented reality	0.05	virtual object	Augmented reality	0.05	application
Virtual environment	0.05	interaction	development	0.04	application
simulation	0.05	tool	Virtual environment	0.04	interaction

application	0.04	device	tool	0.04	development
game	0.04	player	device	0.04	application
camera	0.03	image	game	0.04	engine
device	0.03	application	robot	0.04	Humanrobot
display	0.03	Head mounted display	Virtualization	0.04	Virtualmachine
rehabilitation	0.03	motor	task	0.03	performance
server	0.03	Virtualization			
software	0.03	hardware			

V. 연구결과 및 향후 연구과제

본 연구에서는 Scopus 논문 서지데이터를 기반으로 가상현실과 업무공간에 대한 융복합 연구가 시작된 1982년부터 2021년까지 약 40년간 가상현실과 업무공간의 융복합 연구의 동향을 파악하기 위해 텍스트마이닝과 패스파인더 네트워크 분석, 병렬 최근접 이웃 클러스터링, 삼각매개중심성 분석을 수행하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 패스파인더 네트워크 분석과 병렬 최근접 이웃 클러스터링 방법론을 통해 선행연구에 대한 기간별 클러스터링을 구축하고 연구 분야에 흐름을 파악하였다. 1기는 40개의 키워드와 4개의 군집, 2기는 65개의 키워드와 8개의 군집, 3기는 87개의 키워드와 12개의 군집, 4기는 100개의 키워드와 14개의 군집, 5기는 137개의 키워드와 18개의 군집이 형성되었으며, 가상현실과 업무공간에 대한 융복합 연구가 꾸준히 증가하고 있음을 확인하였다. 또한, 가상현실 기반 업무공간의 주류 연구가 기술 개발 연구에서 서비스와 산업 분야 연구로 확장되어 나가는 연구 네트워크 구조를 확인할 수 있었다. 각 시기별로 가상현실과 업무공간의 융·복

합 연구에 있어서 초기 연구 단계에서는 가상현실과 증강현실 장비와 어플리케이션의 개발과 관련된 연구가 많았던 반면, 후기로 거듭할수록 툴과 서비스로의 활용과 관련된 연구가 많아졌으며, 의료 및 보건 영역, 게임, 자동차 등과 같은 산업과 결합되어 활발하게 연구되었다는 점을 확인할 수 있었다. 또한, 서비스와 디바이스의 보급과 대중화가 가상현실 기반 업무공간의 융·복합 연구 활성화에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 삼각매개중심성과 최근접이웃근접성 분석을 통해 패스파인더 네트워크에서 영향력이 높은 키워드를 발굴했으며, 이를 통해 키워드를 찾아 해당 키워드가 미시적으로는 어떤 주제의 키워드와 융복합되어 연구되는지 확인하였다.

연구의 기여는 다음과 같다. 본 연구에서는 코로나19 팬데믹 상황에서 많은 기업과 연구자들이 관심을 가지게 된 가상현실 기반 업무공간에 대해, 계량정보학적 기법을 통한 선행연구의 주제 분류 작업과 키워드 간의 관계를 파악하고 지식 구조를 시각화하였다는 점이다. 이를 통해 후속 연구자들은 현재 가상현실 기반 업무공간 연구에 대한 주요 키워드 지식구조의 흐름을 파악할 수 있을 것이다. 또한, 본 연구는

키워드 네트워크 시각화를 통해 키워드 간 관계를 파악하여 후속 연구를 진행하는 과정에서 방향을 설계하는데 주요 척도로서 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

이러한 기여에도 불구하고 본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 대상으로 선정된 키워드를 가상현실(Virtual reality)과 업무공간에 한정하여 데이터를 수집함에 따라, 가상현실 기술 이외의 가상화 기술에 대한 반영이 부족하다는 점이다. 가상현실의 경우 이미징 기술이며(한국지능정보사회진흥원, 2021), 이에 따라 많은 연구가 진행되고 있지만, 증강현실(Augmented reality)과 확장현실(Extended reality), 메타버스(Metaverse) 역시 가상화 기술로서 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 증강현실과 확장현실, 메타버스 관련 키워드를 반영하지 않았기 때문에 업무공간의 가상화 연구에 대한 포괄적 이슈를 확인하지 못했다는 한계점이 있으며, 비대면(contactless, non-contact), 언택트(untact)와 같은 키워드 역시 업무공간에 변화를 나타내는 주요한 키워드이므로 이러한 키워드와 결합하여 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

둘째, 최근접이웃중심성을 통해 키워드의 관계에 있어서 미시적인 연구의 흐름까지 파악하고자 하였음에도 불구하고, 미시적인 연구흐름의 반영이 부족했다는 점이다. 40년간 Scopus 논문 서지데이터 12,550건의 모든 초록 데이터를 바탕으로 연구를 수행하였기 때문에 기간별로 발생빈도가 50건 이상인 키워드로 한정하였으므로, 특정 학문의 연구흐름이나 미시적인 연구의 특징 등이 연구에 반영되지 못했으며, 기간을 나누는 데 있어서도 연구의 효율성을 높

이기 위해 정량적으로 나누었기 때문에 각 기간별로 발생한 연구 흐름에 대한 연 단위의 흐름을 파악하지 못했다는 점은 본 연구의 한계라고 할 수 있다.

향후 연구 방향은 다음과 같다. 본 연구에서 활용한 패스파인더 네트워크, 병렬 최근접 이웃 클러스터링, 삼각매개중심성 분석을 발전시켜 계량화된 연구 서지데이터 이외에도 뉴스데이터를 활용하여 가상현실 기반 업무공간에 대한 네트워크 시각화 연구를 후속 진행하고자 한다. 뉴스기사의 경우 최신 기술 동향 정보를 지속적으로 보도하고 있기 때문에 이러한 기술의 변화를 파악할 수 있는 유용한 자료이며(김민정, 2020), 해당 시점에 주요한 사회적 이슈를 다루고 있기 때문에(안규빈, 송민, 2016), 뉴스데이터를 기반으로 업무공간에 대한 사회적 영향에 대한 지식구조를 시각화하고자 하며, 가상현실 기반 업무공간을 구축하고자 하는 기업에게 유의한 정보를 제공하고자 한다.

참고문헌

- 김근형, 스마트관광을 위한 IT 서비스 개발의 우선순위 도출을 위한 AHP 분석모델. 정보시스템연구, 제28권, 제4호, 2019, pp. 49-64.
- 김나량, “메타버스 특성요인과 학습 몰입 및 학습 만족도 간의 구조적 관계 분석: 게이미피케이션을 대상으로,” 정보시스템연구, 제31권, 제1호, 2022, pp. 219-238.
- 김민정, “텍스트마이닝 방법론을 활용한 웨어러블 관련 키워드의 트렌드 분석,” 디지

- 털융복합연구, 제18권, 제9호, 2020, pp. 181-190.
- 동아일보, “‘가상 공간에서 홀로그램 회의?’... 스페셜로 보는 ‘메타버스’의 현주소”, 남시현, 2021.04.06.
- 박명진, 이범준, “가상현실 커뮤니케이션의 특성과 그 체험의 양상: 몰입 과정과 몰입 조건에 대한 수용자 연구,” 언론정보연구, Vol. 41 No. 1, 2004, pp. 29-60.
- 방준성, 이동춘, 서상현, 김용준, 이현주, 손옥호, “VR/AR 게임기술 동향,” 전자통신동향분석, 제31권 제1호, 2016, pp. 146-156
- 손지영, “장애학생 교육에 가상현실 기술을 적용한 국내 중재연구의 분석,” 특수교육저널: 이론과 실천, 제19권, 제1호, 2018, pp. 233-260.
- 안규빈, 송민, “텍스트 마이닝을 이용한 매체별 에볼라 주제 분석,” 한국문헌정보학회지, 제50권, 제2호, 2016, pp. 289-307.
- 안수진, 김주연, “가상현실 (Virtual Reality) 개념과 국내 선행연구 동향,” 한국실내디자인학회 학술대회논문집, 제20권, 제1호, 2018, pp. 328-331.
- 이금실, 이인주, “가상현실 (virtual reality) 관련 관광학 분야의 연구동향 분석: 온라인 학술정보저널 SCIEDIRECT (1995-2019) 에 대한 동시출현 단어분석,” 관광연구저널, 제33권, 제11호, 2019, pp. 153- 168.
- 이동은, “가상세계 (Virtual World) 를 활용한 산학협력 방안 연구,” 인문콘텐츠, 제15호, 2009, pp. 127-145.
- 이승환, “메타버스, 일하는 방식을 바꾸다”, 소프트웨어정책연구소, 2022.
- 이재윤, “계량서지적 네트워크 분석을 위한 중심성 척도에 관한 연구,” 한국문헌정보학회지, 제40권, 제3호, 2006a, pp. 191-214.
- 이재윤, “지적 구조 분석을 위한 새로운 클러스터링 기법에 관한 연구,” 정보관리학회지, 제23권, 제4호, 2006b, pp. 215-231.
- 이재윤, “지적 구조의 규명을 위한 네트워크 형성 방식에 관한 연구,” 한국문헌정보학회지, 제40권, 제2호, 2006c, pp. 333-355.
- 이재윤, “tnet과 WNET의 가중 네트워크 중심성 지수 비교 연구,” 정보관리학회지, 제30권, 제4호, 2013, pp. 241-264.
- 이지현, 변국도, 이수진, “포스트 코로나 시대의 스마트워크에 관한 연구: 2004-2021년 간의 연구논문 리뷰,” 인적자원개발연구, 제24권, 제3호, 2021, pp. 147-193.
- 이혜선, 정윤희, 김상연, “텍스트 마이닝 기법을 활용한 국내 가상현실 (vr) 연구와 교육적 활용 동향 분석,” 학습자중심교과교육연구, 제19권 제18호, 2019, pp. 311-338.
- 임황용, 김승천, 노광현, “증강현실 기술 동향 및 적용분야에 관한 연구,” 대한전자공학회 학술대회, 2018, pp. 1265- 1268.
- 장령령, 홍현진, “학술지 중요도와 키워드 순서를 고려한 단어동시출현 분석을 이용한 독서분야의 지적구조 분석,” Journal of the Korean BIBLIA Society for library and Information Science, 제25권, 제1

- 호, 2014, pp. 295-318.
- 정근하, “텍스트마이닝과 네트워크 분석을 활용한 미래예측 방법 연구,” 한국과학기술기획평가원, 연구보고서, 3호, 2011, pp. 1-138.
- 정도현, “자동 분류 기법과 지적 구조 분석 기법을 융합한 처방적 분석 시스템 구현 방안 연구,” 정보관리학회지, 제34권, 제4호, 2017, pp. 33-57.
- 정수환, 박재현, 김현경, “업무용 공간 유형에 대한 가상현실 기반 분석,” 대한산업공학회지, 제45권, 제2호, 2019, pp. 154-161.
- 중소기업신문, “30층 가상건물서 근무하는 직장인 A씨 메타폴리스가 바꾸는 기업과 직장문화”, 김상준, 2021.06.21.
- 진창영, 김애찬, 임종인, “지식 네트워크에 근거한 정보보호 점검기준 관계분석,” 한국전자거래학회지, 제19권, 제2호, 2014, pp. 109-124.
- 최민지, “건설 분야 내 Virtual Reality (VR)-Mixed Reality (MR) 기술 활용 연구 동향,” 건설관리 : 한국건설관리학회 학회지, 제18권, 제1호 2017, pp. 44-47.
- 최은영, 서동애, “가상세계에서 패션 디자인 비즈니스의 특징: 세컨드 라이프 (second life) 를 중심으로,” 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제12호, 2008, pp. 198-206.
- 한국지능정보사회진흥원, “[DATA INSIGHT] 이머징테크 2021,” 2021
- 한장협, 정진희, 이문영, 김채복, “네트워크 이론을 이용한 생산운영관리 연구동향 분석,” 한국생산관리학회지, 제26권, 제1호, 2015, pp 19-40.
- 한혜원, “메타버스 내 가상세계의 유형 및 발전 방향 연구,” 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 제9권, 제2호, 2008, pp. 317-323.
- Boughzala, I., de Vreede, G. J., and Limayem, M., “Team Collaboration in Virtual Worlds: Editorial to the Special Issue,” *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 13, No. 1, 2012, 6
- Burdea, G. C., Coiffet, P., “Virtual reality technology”, John Wiley & Sons, 2003.
- Burrell, D. N. “Understanding the Talent Management Intricacies of Remote Cybersecurity Teams in Covid-19 Induced Telework Organizational Ecosystems,” *Land Forces Academy Review*, Vol. 25, No. 3, 2020, pp. 232-244.
- Caputo, F., Greco, A., D’Amato, E., Notaro, I., and Spada, S., “On the use of virtual reality for a human-centered workplace design,” *Procedia Structural Integrity*, Vol. 8, 2018, pp. 297-308.
- Chandra, S., Srivastava, S. C., and Theng, Y. L., “Cognitive Absorption and Trust for Workplace Collaboration in Virtual Worlds: An Information Processing Decision Making Perspective,” *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 13, No. 10, 2012, pp. 797-835.

- Chen, C., “Mapping Scientific Frontiers: The Quest for Knowledge Visualization,” *Springer Science & Business Media*, 2013.
- Freeman, L. C., Roeder, D., and Mulholland, R. R., “Centrality in Social Networks: II. Experimental Results,” *Social Networks*, Vol. 2 No. 2, 1979, pp. 119-141.
- Igbaria, M., “Managing Virtual Workplaces and Teleworking with Information Technology,” *Journal of Management Information Systems*, Vol. 14, No. 4, 1998, pp. 5-6.
- Ji, G. Y., and Kim, Y. J., “The Trends and Visions of Medical Robotics Market in the IT-BT Convergence,” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol. 23, No. 2, 2008, pp. 119-129.
- Kugler, L., “Why Virtual Reality Will Transform a Workplace Near You,” *Communications of the ACM*, Vol. 60, No. 8, 2017, pp. 15-17.
- Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., and Ali, F., “20 Years of Research on Virtual Reality and Augmented Reality in Tourism Context: A Text-Mining Approach,” *Tourism Management*, Vol. 77, 2020.
- Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., Eloy, S., Langaro, D., and Panchapakesan, P., “Understanding the Use of Virtual Reality in Marketing: A Text Mining-Based Review”, *Journal of Business Research*, Vol. 100, 2019, pp. 514-530.
- Mishra, T., and Jena, L. K., “Virtual Workplaces and Lean Leadership: Integrative Conceptualization and Organizational Implications,” *Strategic HR Review*, Vol. 19, No. 4, 2020, pp. 177-181
- Newman, S. A., and Ford, R. C., “Five Steps to Leading Your Team in the Virtual Covid-19 Workplace,” *Organizational Dynamics*, Vol. 50, No. 1, 2021.
- Raveendhran, R., Fast, N. J., and Carnevale, P. J. “Virtual (Freedom From) Reality: Evaluation Apprehension and Leaders’ Preference for Communicating through Avatars,” *Computers in human behavior*, Vol. 111, 2020.
- Schvaneveldt, R. W., “Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization,” *Ablex Publishing*, 1990.
- Srivastava, S. C., and Chandra, S., “Social Presence in Virtual World Collaboration: An Uncertainty Reduction Perspective Using a Mixed Methods Approach,” *MIS quarterly*, Vol. 42, No. 3, 2018, pp. 779-804.

하 재 빈 (Ha, Jae Been)



국민대학교 정보시스템전공 경영학사와 아주대학교 비즈니스애널리틱스전공 석박사통합과정을 수료하였다. 현재 이민정책연구원에 근무하고 있으며 주요 관심분야는 메타버스, VW 플랫폼, 텍스트 마이닝 등이다.

강 주 영 (Kang, Ju Young)



현재 아주대학교 경영대학 e-비즈니스학과 교수로 재직 중이며, 포항공과대학교 컴퓨터공학과에서 학사, 서울대학교 컴퓨터공학과에서 석사, 한국과학기술원 경영공학전공에서 공학박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 빅데이터, 텍스트 마이닝, 시맨틱 웹, 지능형 정보시스템 등이다.

<Abstract>

Investigation of Trend in Virtual Reality-based Workplace Convergence Research: Using Pathfinder Network and Parallel Neighbor Clustering Methodology

Ha, Jae Been · Kang, Ju Young

Purpose

Due to the COVID-19 pandemic, many companies are building virtual workplaces based on virtual reality technology. Through this study, we intend to identify the trend of convergence and convergence research between virtual reality technology and work space, and suggest future promising fields based on this.

Design/methodology/approach

For this purpose, 12,250 bibliographic data of research papers related to Virtual Reality (VR) and Workplace were collected from Scopus from 1982 to 2021. The bibliographic data of the collected papers were analyzed using Text Mining and Pathfinder Network, Parallel Neighbor Clustering, Nearest Neighbor Centrality, and Triangle Betweenness Centrality. Through this, the relationship between keywords by period was identified, and network analysis and visualization work were performed for virtual reality-based workplace research.

Findings

Through this study, it is expected that the main keyword knowledge structure flow of virtual reality-based workplace convergence research can be identified, and the relationship between keywords can be identified to provide a major measure for designing directions in subsequent studies.

Keyword: Virtual Reality, Workplace, Text Mining, Pathfinder Network(PFnet), Parallel Nearest Neighbor Clustering(PNNC), Nearest Neighbor Centrality, Triangle Betweenness Centrality

* 이 논문은 2021년 11월 19일 접수, 2022년 1월 24일 1차 심사, 2022년 3월 25일 2차 심사, 2022년 4월 18일 게재 확정되었습니다.